VERGLEICHEND-ANATOMISCHE STUDIEN

ÜBER DAS

BLUTGEFÄSS-SYSTEM

DER

NETZHAUT.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

UNTER DEM PRÄSIDIUM

DES HERRN PROFESSOR DR. KARL WILHELM KUPFFER

DER MEDICINISCHEN FACULTÄT IN MÜNCHEN

VORGELEGT

VON

LUDWIG BRUNS

AUS HANNOVER.

LEIPZIG,

DRUCK VON J. B. HIRSCHFELD.

1882.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554609_0140

Ueber die vergleichende Anatomie der Retinalgefässe finden sich in der Literatur bis auf die jüngste Zeit zwar viele, aber meist nur kurze Notizen (Denissenko, Dobrowolsky, Franck, Gerlach, Haller, Hyrtl, Krause, Leber, Leuckart, Michel, Möller, H. Müller, J. F. Müller, Rosow, Schreger, Schwab, Tiedemann, v. Trigt und Andere).

Alle diese Autoren begnügen sich entweder mit einer Darlegung der gröberen angiologischen Verhältnisse der Retina des Menschen und einzelner Thiere oder es werden dieselben nur gelegentlich anderer anatomischer Untersuchungen zur Sprache gebracht.

Von den neuesten Arbeiten (His, Hesse, Langenbacher) beschränken sich die der beiden ersteren Autoren auf die Gefässe der Retina des Menschen, des Hundes, des Kaninchens und der Ratte. — Viel umfassender ist die Mittheilung Langenbacher's, der nicht weniger denn 14 Repräsentanten der Thierwelt in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen hat.

So verdienstvoll auch Langenbacher's Arbeit ist, so ist sie doch nach mancher Richtung hin ergänzungsbedürftig. — So wird namentlich der Praktiker eine gute bildliche Darstellung der makroskopisch sichtbaren Verhältnisse des Retinalgefässsystems der für die ophthalmoskopische Untersuchung wichtigsten Thiere ungern vermissen. — Weiter fehlt eine genaue Be-

---

Anmerkung: Die Bezeichnungen der Abbildungen beziehen sich auf die unter gleichem Titel in der Zeitschrift für vergleichende Augenheilkunde, herausgeg. von Berlin und Eversbusch, erschienenen Arbeit.

schreibung der Verbindungen zwischen Arterien und Venen, oder wo eine solche gegeben (wie beim Pferde und Kaninchen), leidet sie an Ungenauigkeit. — Endlich ist der Mangel einer eingehenderen Darlegung der Art der Gefässverbreitung in den einzelnen Retinalschichten zu verzeichnen.

Ich habe mir nun die Aufgabe gestellt, diese Lücken nach Möglichkeit auszufüllen. — Mein Material umfasst: Pferd, Kalb, Schaf, Schwein, Hund, Katze, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte.

Als Injectionsmasse wurde zumeist Carminleim benutzt. — Doppelinjectionen wurden nur wenige ausgeführt. — Meines Erachtens erreicht man, mag die Füllung der Gefässe gleichzeitig von Arterie und Vene aus oder in zwei Zeiten von der Arterie aus geschehen, nur ausnahmsweise ein Zusammentreffen der Injectionsflüssigkeiten gerade an dem Uebergange des arteriellen in das venöse Partialgebiet. (Der Widerstand in Arterien und Venen ist bei der Ungleichheit von Zahl und Weite der Verzweigungen beider Gefässarten so verschieden, dass man bei gleichem Drucke nie die Sicherheit eines richtigen Resultates besitzt; ebensowenig ist man in der Lage, die Verschiedenheit des für Arterien und Venen erforderlichen Injectionsdruckes so zu bestimmen, dass eine genaue richtige Füllung jeder der beiden Capillarsysteme garantirt ist.) Andererseits erlangt man durch genaues Verfolgen der einzelnen Capillaräste bis zu ihrem Ursprunge und durch Vergleichung von Flächenbildern mit Querschnitten ebenso genaue, wenn nicht genauere Resultate, als bei der immer problematischen Doppelinjection.

In den nachfolgenden Beschreibungen werde ich im Interesse einer geordneten Darstellung meine Untersuchungsresultate mit denen der eingangs erwähnten Schriftsteller verweben und nur bei den wichtigsten Punkten meine Divergenz von den bisher gang und gäben Ansichten hervorheben. Wer sich näher für die Frage interessirt, hat ja leicht Gelegenheit festzustellen, was von den Ergebnissen mir und was den früheren Autoren eigenthümlich ist.

Ich beginne mit dem Netzhautgefässsystem des Pferdes. In seiner Eigenartigkeit schon von Heinrich Müller erkannt, ist dasselbe erst eingehender studirt worden von Langenbacher.

Nach meinen Untersuchungen stellt sich dasselbe folgendermaassen dar:

Aus den Sehnerven-Eintritt sprossen randständig, meist an der Grenze des mittleren und äusseren Drittels, ungefähr 30—40 grössere,

im Vergleich zu den Retinalgefässen der weiter zu besprechenden Thiere, aber immerhin sehr dünn calibrirte Arterien und ebensoviel Venen hervor. Die ersteren haben durchschnittlich einen Breitendurchmesser von 22 μ, die letzteren einen von 34 μ (Fig. 1, Taf. I). — Diese stammen aus der Arteria resp. Vena central. n. optic., welche sich schon im Verlaufe des Sehnerven, niemals aber auf der Sehnervenscheibe selbst in die genannten Hauptgefässzweige der Retina spalten. — Wie ein Blick auf Fig. 1 und 2 (Taf. I) zeigt, ist der Querschnitt der Papille ausserdem durchsetzt von einem dichten Gefässschlingennetz, an dessen Bildung betheiligt sind:

1. Feinere Gefässchen, welche vor dem Austritt der Hauptgefässe aus dem Sehnerveneintritt die Centralgefässe des Opticus verlassen und selbstständig zur Papillenoberfläche hinziehen (Fig. 2 *a*, Taf. I).

2. Rückläufige Aestchen aus den Hauptgefässen der Retina (Fig. 2 *b*, Taf. I).

3. Die von Tiedemann zuerst beschriebenen, später von Leber besonders hervorgehobenen, bei Menschen und bei allen mit einem Retinalgefässsystem versehenen Thieren vorkommenden hintern kurzen Ciliargefässe, welche sich mit den der Centralarterie und Vene zugehörigen Gefässen auf der Papille verbinden.

In selteneren Fällen kommen auch noch die Papillaroberfläche durchsetzende Anastomosen zwischen den Hauptretinalgefässen vor (Fig. 1 *a*, Taf. I).

Alle diese feinsten Verästelungen nun bilden zusammen ein ziemlich weitmaschiges Netz, welches in zwei Schichten gelagert ist und schleifenförmige Uebergänge von der einen in die andere Schicht zeigt.

Der Verbreitungsbezirk der Hauptretinalgefässe in der Netzhaut ist, wie bekannt, ein sehr kleiner. Dieselben verzweigen sich vom Rande der Papille aus nach beiden Seiten (medial und lateral) nur in eine Entfernung von durchschnittlich 6 Mm.; nach oben verjüngt sich der Abstand der Gefässenden vom Sehnervenstande sogar auf 4 Mm. und grade nach unten von demselben ist in dem Gefässterritorium ausserdem noch eine grosse Lücke ausgeschnitten, die nur von ganz feinen Gefässen ausgefüllt wird. Diese Lücke hat eine mehr weniger keilförmige Gestalt und ist nahe der Papillargrenze circa 3 Mm., an den Enden der sie seitlich einfassenden Gefässverzweigungen circa 7 — 7 1/2 Mm. breit (Fig. 1 *b*, Taf. I).

Das ganze Gefässareal erhält dadurch die Gestalt eines queren Ovales mit unten eingekerbtem Rande (Nierenform).

Die aus der Papille heraussprossenden Retinalgefässe sind ziemlich dicht aneinander gelagert und stehen bei ihrem Uebertritt auf die Retina nur circa 0,16 Mm. voneinander ab. — Sie verlaufen, die Venen sich häufig um die Arterien herumschlängelnd, bis ungefähr 0,3—1,0 Mm. vom Papillarrande ungetheilt oder nur kleine Seitenäste abgebend.

Dort findet die erste dichotomische Spaltung statt; 0,2—0,3 Mm. weiter (peripherwärts) von dieser entfernt, gehen sie eine zweite, ebenfalls dichotomische Theilung ein. Von da an wird die Gliederung

in Unteräste häufiger, so dass am Rande des Gefässbezirks (also 4—6 Mm. vom Rande des Sehnerven entfernt) eine Arterie resp. Vene sich in 10—16 Aeste gespalten hat.

Hier, wo die einzelnen Gefässe einen freien Raum von ungefähr 0,11 Mm. zwischen sich lassen, biegen nun die Arterien, ohne in ein Capillarnetz überzugehen, in engen, circa 5—5,5 μ weiten Schleifen um (Fig. 2 *c*, Taf. I), um direct in die Venen überzugehen, welch letztere auch in ihren feinsten Verzweigungen sich eng an die entsprechenden Arterien anschliessen, um zur Papille zurückzukehren.

An diesen Endschlingen sind Arterien und Venen ungefähr gleich stark calibrirt (ca. 12 μ).

Das schon erwähnte Interstitium zwischen den einzelnen Hauptgefässen, das in seiner Breite zwischen 0,16 Mm. (in der Nähe der Papille) und 0,11 Mm. (an den Enden) schwankt, weist in der peripapillären Zone noch weitere Gefässe auf.

Es gehen nämlich zwischen den Hauptgefässen an 1—4 Stellen von der Papille circa 6 μ dicke Arteriolen ab, welche ungefähr 1,3 Mm. weit in die Retina hineinlaufen (Fig. 2 *d*, Taf. I). Sie verbinden sich dabei mit den von den Hauptarterien vor ihrer ersten dichotomischen Theilung seitlich und ziemlich im rechten Winkel abgehenden, schon kurz berührten Aestchen (Fig. 2 *e*, Taf. I), bilden ein sehr dichtes Schlingennetz, biegen am Ende ihres Verlaufes ebenfalls schlingenförmig um und strahlen nun zur Papille zurück. — Auch Langenbacher thut dieser kleineren Gefässe Erwähnung. Mir ist nur nicht recht verständlich, warum er sie (vergl. seine Zeichnung) für rein venöse Schlingen ansieht. — Auch scheint ihm die Verbindung derselben mit den Hauptgefässen entgangen zu sein.

In dem peripheren, weiter von dem Papillarrande gelegenen Theile des Terrains zwischen den Hauptgefässen sind fernerhin noch folgende Verhältnisse bemerkenswerth:

Es kommen nämlich aus den Arterien kleine Seitenzweige hervor (Fig. 2 *f*, Taf. I), welche nach einem Verlaufe von circa 25 μ sich fast rechtwinklig einbiegen, nun in einer Strecke von circa 165 μ papillarwärts oder nach der Peripherie eine mit dem Hauptgefässe parallele Verlaufsrichtung einschlagen, alsdann schleifenförmig umbiegend, wiederum ihre Ursprungsstelle am Hauptgefässe um 165 μ oder etwas mehr oder weniger nach der entgegengesetzten Richtung (also papillarwärts) hin überschreiten. — Hier biegen sie nochmals um und nehmen nun den nämlichen Verlauf zur Vene zurück. — Der ganze Verlauf einer solchen kleinen Seitenarterie bezw. Vene erhält dadurch eine Form, welche sich noch am besten mit der eines lateinischen T vergleichen lässt. — Ich möchte daher dafür den Namen: „T-förmige Schlingen“ vorschlagen.

Es ist leicht einzusehen, dass bei solcher Verlaufsweise ein relativ kleines Gefäss einen ziemlich bedeutenden Bruchtheil des Raumes zwischen Hauptarterie und Vene auszufüllen und zu versorgen im Stande ist.

Die schon kurz erwähnten, die Einkerbung am untern Papillarrande bildenden Gefässe gleichen im Allgemeinen den peripapillär gelegenen kleineren Gefässen zwischen den Hauptgefässen, an ein-

zelnen Stellen aber erreichen sie fast die doppelte Länge derselben (Fig. 1 *c*, Taf. I).

Was schliesslich die Frage der Verbreitungsweise des ganzen Gefässsystems in den einzelnen Retinalschichten anbetrifft, so sieht man bei der Betrachtung eines Querschnittes (Fig. 3, Taf. I) auf den ersten Blick, dass die gesammte Gefässverzweigung ausschliesslich in der im Verhältniss zu den andern Netzhautschichten colossal dicken Nervenfaserschicht vor sich geht. Die grösseren Gefässe (Fig. 3 *a*, Taf. I) verlaufen zumeist in einiger Entfernung von dem Margo limitans intern., manche allerdings auch in der Nähe der Ganglienzellenschicht; die kleineren, speciell auch die T-Schleifen und Endschlingen (Fig. 3 *b*, Taf. I) durch die ganze Dicke der Faserschichten. — Fast sämmtliche Gefässe verlaufen mehr weniger parallel mit den Fibrillen dieser Schicht. Ihr Eindringen in die Tiefe muss also ein sehr schräges sein, wofür auch der Umstand spricht, dass man bei der Betrachtung eines Flächenpräparats fast alle Gefässe bei einer Einstellung sehen kann, wenn auch geringe Unterschiede in der Deutlichkeit nicht zu verkennen sind.

In Kürze zusammengefasst, ergiebt sich bezüglich der retinalen Gefässverhältnisse beim Pferde Folgendes:

Der Complex der Retinalgefässe bildet die Form eines Querovales, welches sich nur eine relativ kleine Strecke weit in die Retina verbreitet.

Capillarnetze finden sich nur auf der Papille; sonst gehen sämmtliche Arterien, auch ihre feinsten Aeste, durch enggewundene Schleifen in die Venen über. Die Gefässe verzweigen sich nur in der Nervenfaserschicht. — Der Blutkreislauf in der Retina des Pferdes ist darnach leicht verständlich.

Eine gewisse Analogie zu den retinalen Gefässverhältnissen des Pferdes bieten die des Kaninchens dadurch, dass auch bei ihm nur ein kleiner Bruchtheil des Netzhautareals (die nach beiden Seiten von dem Sehnervenrande vorlaufende bandartige Ausstrahlung der markhaltigen Nervenfasern) von Gefässen durchzogen ist. Im Uebrigen ist aber die gröbere wie die feinere Architectonik des Retinalgefässsystems durchaus anders geartet.

Es ziehen zunächst (Fig. 4, Taf. II) nach beiden Seiten von der Papille je eine grössere Arterie und eine ebensolche Vene von circa 34 μ bezw. 45 μ Dicke. — Ich schlage für sie den Namen Art. resp. Ven. nasal. und temporalis vor.

Daneben gehen nach oben und unten von dem Sehnerveneintritt ein paar sehr dünn calibrirte Aestchen (3—5 μ dick) ab, welchen ich den Namen Arteriae und Venae supp. und inff. beilegen möchte.

Vom Papillarrande erstrecken sich Art. u. Ven. nas. u. tempor.

in die Retina nur circa 4 Mm. weit hinein. Bis circa 0,5 Mm. ziemlich dicht nebeneinander liegend und sich auch wohl umschlingend, trennen sie sich von da ab und verlaufen unabhängig von einander.

Arterien und Venen geben dabei sowohl nach oben wie nach unten in ziemlich gleichen Intervallen eine variable Anzahl, in Bezug auf ihren Dickendurchmesser ungleicher, Seitenzweige ab. — Namentlich ist auffällig die stärkere Calibrirung der nach oben ziehenden Absprossungen gegenüber den nach unten sich abzweigenden Nebenästen.

Unter den letzteren bieten hinwiederum einzelne in Bezug auf Form und Verlauf noch einige Besonderheiten. — Wir sehen nämlich Aeste (Fig. 4 *a*, Taf. II), die ihr Stammgefäss rechtwinklig verlassen und anfangs in ziemlich gestreckter Richtung bis an den unteren Rand des Gefässbezirkes verlaufen. Hier biegen sie wieder im rechten Winkel um und verlaufen nun eine grössere oder geringere Strecke nach der Peripherie hin parallel mit der Längsrichtung der Hauptgefässe, um am Ende schleifenförmig umzubiegen und als Vene denselben Weg zurückzumachen.

Auch die Endausläufer der Hauptgefässe bilden Schlingen (Fig. 4 *b*, Taf. II) und biegen als solche in den Anfangstheil der Venen um.

Doch ist der Charakter dieser Schlingen ein ganz anderer wie beim Pferde. Erstens sind dieselben von viel unregelmässigerer Form, vielgestaltiger und weiter (die Schlingenweite beim Pferde circa 5,5 μ, beim Kaninchen 56 μ). Während ferner beim Pferde die Selbständigkeit jeder einzelnen Schlinge mit ängstlicher Genauigkeit gewahrt wird (so dass die zurückkehrende Vene stets die ihr zugehörende Arterie begleitet), ist es beim Kaninchen Regel, dass die rückläufige Vene ein bis zwei arterielle Endäste überspringt und sich zum Begleiter der nächsten oder übernächsten Arterie macht (Fig. 4 *c*, Taf. II). Dadurch erhält das Bild der arteriellen resp. venösen Endverzweigungen, das beim Pferde einen so klaren und übersichtlichen Eindruck macht, ein viel verworreneres, schwer zu entwirrendes Gepräge.

Während nun Langenbacher den Uebergang von Arterien in Venen nur durch Schlingen erfolgen lässt, muss ich bemerken, dass derselbe nach meinen Präparaten unzweifelhaft ausserdem auch noch durch ein Capillarsystem erfolgt (Fig. 4 *d*, Taf. II). Zwischen den beschriebenen Hauptgefässverzweigungen finden sich nämlich grosse Lücken (von circa 0,13 Mm. geringster und 0,3 Mm. grösster Breite), welche durch ein ziemlich weitmaschiges Capillarnetz ausgefüllt sind und in dem die venösen Capillaren die arteriellen an Zahl überwiegen. Die einzelnen Maschen sind ziemlich regelmässig vierseitig, von 23 μ geringster und 50 μ grösster Breite.

Die nach oben und nach unten vom Papillarrand verlaufenden Gefässchen, gewöhnlich eine Arterie und eine Vene, überragen denselben um 1,4 Mm. und kehren schleifenförmig in die Papille zurück.

Die Verhältnisse der injicirten Kaninchenretina auf dem Querschnitt hat zuerst His beschrieben. Seine Ergebnisse stimmen mit den meinigen fast vollständig überein.

Danach liegen (Fig. 5 *a*, Taf. II) die grösseren Gefässe nach innen von dem Margo limitans intern. Von diesen strahlen die Gefässe meistens in der Richtung der Müller'schen Stützfasern und an ihnen entlang in die Nervenfaserschicht hinein, um, ohne die Ganglienzellenschicht zu erreichen, umzubiegen und zurückzukehren (Fig. 5 *b*, Taf. II). — Es verlaufen aber nicht alle Gefässe, wie man nach der Abbildung von His anzunehmen geneigt sein möchte, senkrecht auf die Nervenfaserschicht, sondern auch eine grössere Anzahl parallel mit den Fasern derselben (Fig. 5 *c*, Taf. II).

Eigentliche Capillarnetze habe ich in der Nervenfaserschicht auf dem Querschnitt nicht gefunden, wohl aber dicht an der Limitans interna eine grössere Anzahl kleiner querdurchschnittener und längsgestreifter Aeste (Fig. 5 *d*, Taf. II).

Ich glaube daher — denn ich halte diese feinen Aeste für auf den Schnitt getroffene Capillaren — dass das von mir beschriebene Capillarnetz nur in einer Ebene dicht an der Limitans interna liegt. Damit stimmt auch die mikroskopische Untersuchung der Flächenpräparate überein.

Die Gefässverhältnisse des Sehnerveneintritts habe ich sehr klar ersehen können an ein paar mir von Herrn Prof. Dr. Kupffer gütigst zur Verfügung gestellten, vorzüglich injicirten Präparaten.

Auch in der Papille des Kaninchens begegnen wir, wie beim Pferde, einem reichentwickelten Capillarnetz, an dessen Zustandekommen die gleichen Gefässquellen, wie beim Pferde (vergl. S. 3 oben), Antheil haben.

Es ist indess dasselbe insofern von dem des letztgenannten Thieres verschieden, als es nicht nach einem einheitlichen Schema angeordnet ist, sondern einen doppelten Charakter zeigt:

In den Randtheilen des Sehnerveneintritts finden sich nämlich ziemlich starke, vielfach gewundene Gefässe, welche ein Netz bilden, dessen Maschenräume sehr eng sind. — Die in dem Centrum der Papille verlaufenden Gefässchen hingegen sind feiner calibrirt; die Maschenräume zeigen eine oblonge Gestalt und sind viel weiter.

Auf der ganzen Papille liegen die Gefässe in drei Schichten übereinander.

Die Abspaltung der Art. centr. n. optic. in ihre beiden Hauptäste (Art. nas. und tempor. retin.) geschieht fast immer im Opticus selbst, so dass dieselben aus der Papillenoberfläche schon getrennt hervortreten. — Das Gleiche ist bei der Centralvene der Fall. Da sich diese jedoch gemeiniglich schon früher theilt, so kommt es, dass die Ven. nas. und tempor. randständiger aus der Papille zu Tage treten, als die beiden Hauptarterien.

Kurz wiederholt sind die angiologischen Verhältnisse der Kaninchenretina folgende:

Die Gefässe verbreiten sich besonders nasal- und temporalwärts vom Papillarrande. Venen und Arterien gehen sowohl durch Schleifen, wie durch Capillaren ineinander über. Die grössten Gefässe befinden sich nach innen von dem Margo limitans intern.;

die übrigen alle in der Nervenfaserschicht und zwar die Schlingen durch die ganze Dicke derselben verbreitet, die Capillaren nur in den innersten Partien. Die Verhältnisse des Kreislaufes sind damit klar.

Die nunmehr zu besprechenden Thiere sind vom Pferde und Kaninchen vor Allem dadurch unterschieden, dass bei ihnen die Netzhaut fast in ihrer ganzen Ausdehnung vascularisirt ist. — Dabei ähnelt der Gefässaufbau in der Retina des Kalbes in mehrfacher Hinsicht dem beim Schafe und Schweine, und ebenso zeigt die Retinalgefässordnung bei der Katze einige Gleichartigkeit mit der des Hundes.

Beim Kalb erscheinen im Centrum der Papille meist sechs grössere Gefässe, drei Arterien und drei Venen (Fig. 6, Taf. II), Art. und Ven. retinal. sup., Art. und Ven. inferiores nasal. und tempor. — Ich muss Langenbacher zugeben, dass manchmal auch noch ein vierter, ebenfalls nach oben verlaufender arterieller und venöser Ast vorkommt; ich halte das aber nicht für die Regel, sondern für eine allerdings häufige Ausnahme.

Der Ursprung dieser Gefässe in der Papille ist durch die in den Glaskörper ca. 2,5 Mm. weit vorspringende, nie fehlende (bisweilen noch bluthaltige, meist aber obliterirte), embryonale Arteria hyaloidea verdeckt (Fig. 6*a*, Taf. II).

Statt der drei oder vier grösseren, in die Retina übertretenden Gefässe findet man aber auch oft genug, dass sich die Arteria centralis im Sehnervenstamme nur in zwei Aeste gespalten hat, so dass der eine von ihnen oder alle beide erst auf der Sehnervenscheibe eine weitere Theilung eingehen. Dasselbe ist auch von der Centralvene zu sagen.

Noch auf der Papille selbst entspringen dann aus den drei bis vier grösseren Aesten eine variable Anzahl kleinere, die sich theils gleich an Ort und Stelle in ein ziemlich weitmaschiges Capillarnetz auflösen und so mit den bekannten übrigen Factoren (vergl. S. 3 oben) das papilläre Capillarsystem bilden helfen, theils sich mehr oder weniger weit in die Retina erstrecken.

Da der Eintritt des Sehnerven im Auge des Kalbes ziemlich weit nach unten vom hintern Pole stattfindet, so kommt es, dass die nach oben verlaufende Art. und Ven. retin. sup. an Stärke bedeutend die nach unten nasal, und unten temporal ziehenden Gefässe (Art. und Ven. inf. nas. und tempor.) übertrifft.

Auch in dem Verlaufsverhältniss zwischen Arterie und Vene zueinander zeigen sich zwischen unteren und oberen Gefässästen Verschiedenheiten: Während die beiden nach oben sich verbreitenden Hauptverzweigungen in ihrem Verlaufe, bis nahe an die Ora serrata, eng aneinander gelagert bleiben, ja sogar die von denselben nasal- und temporalwärts ausstrahlenden Unteräste (Art. und Ven. sup.

nas. und tempor.), welche fast alle ihre resp. Stammgefässe rechtwinklig verlassen und in mehr weniger horizontaler Richtung in die Retina hineinziehen, ziemlich genau parallel miteinander verlaufen (ein Verhältniss, das dem ganzen Bilde ein etwas steifes Aussehen verleiht), halten sich die Art. und Ven. inf. nas. und tempor. gegeneinander viel selbständiger. Hingegen bleibt auch bei den von ihnen abgehenden Verästelungen zweiter Ordnung der Typus der rechtwinkligen Ausstrahlung mehr weniger gewahrt.

Von Interesse ist vor Allem das Verhalten der Venen und Arterien an der Ora serrata retin.

Hier biegen nämlich die Venen bogenförmig um und bilden den schon lange bekannten, nicht sehr glücklich so genannten Circulus venosus retinalis anterior. Langenbacher hebt mit Recht hervor, dass eine Anastomose zwischen den Endausläufern der einzelnen Hauptvenen, also ein geschlossener Circulus nicht vorhanden ist, ja es finden sich in dem „Gefässkreise“ sogar manchmal ziemlich grosse Lücken. Anderseits zeigt sich an einzelnen Stellen sogar eine Doppeltbogenbildung, indem die Enden der einzelnen Venen übereinander hinlaufen. — Ausserdem möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dass die an der Peripherie der Netzhaut verlaufenden grösseren Gefässe nicht immer Venen sind, sondern, allerdings in seltenen Fällen, auch arterielle Endäste excentrischer, als die venösen gelagert sind.

Den stärksten und zugleich grössten bezw. längsten Bogen an der Ora serrata bildet die Vena inf. nas. Sie umkreist zumeist die halbe Peripherie der Retina.

Dabei streben von den einzelnen peripheren Venenbögen, sich meist im rechten Winkel von ihnen abzweigend, Gefässe gegen die centralen Theile der Retina hin. Sie sammeln das Blut der aus dem Centrum zur Peripherie verlaufenden Arterienäste, indem sie meist in die Mitte zwischen zwei solche arterielle Endausläufer sich hineinbegeben und hier capillär werden.

Die Endsprossungen der Arterien und Venen sind meist noch ziemlich starke Aeste von 3—5 μ Breitendurchmesser (Fig. 7, Taf. II). Auch sie zeigen die für die Hauptäste als charakteristisch betonte Steifheit, indem sie gleichfalls meist rechtwinklig vom Stamme abgehen und nahezu parallel miteinander verlaufen (Fig. 7 *a*, Taf. II).

Was die capilläre Auflösung der Venen und Arterien in der Kalbsretina anlangt, so stellt dieselbe ein ziemlich engmaschiges Netzwerk dar, das, wie man bei verschiedener Tubuseinstellung sehen kann, im Allgemeinen in zwei verschiedenen Territorien übereinander gelagert ist. Die einzelnen Maschen haben eine mehr oblonge Form mit abgerundeten Ecken von ungefähr 83 μ grösster und 22 μ geringster Breite. Das oberflächliche (d. h. der Limitans retin. intern. zunächst liegende) Capillarnetz, im Ganzen nicht so engmaschig und weniger dicht angeordnet, wie das untere (von der Limitans interna weiter nach rückwärts befindliche), steht mit den arteriellen Endausläufern in Verbindung, das tiefer gelegene, etwas engmaschigere und etwas umfangreichere Netz besitzt dagegen eine nähere Beziehung zu den Venen.

Der Uebergang beider Systeme (des höheren in das tiefere Netz) geschieht überall durch schleifenförmiges Umbiegen der arteriellen Capillaren in die Tiefe und ebenso streben von dem weiter rückwärts gelegenen Netze Capillaren wieder zu den weiter nach vorn gelegenen Endvenen auf. Man kann also von einem oberflächlich gelegenen arteriellen und einem tiefer gelegenen venösen Capillarnetz reden. Das Eindringen der arteriellen Capillaren in die Tiefe und das Wiederemporstreben der venösen in höhere Schichten erfolgt aber nicht überall rechtwinklig auf die Fläche der Retina, sondern mehr oder weniger schräg und im Bogen, so dass man die Umbiegungsstellen eine Strecke weit als Schleifen in die Tiefe, resp. Höhe verfolgen kann.

Gerade dieser schleifenförmige Uebergang ist es auch, welcher den Capillarmaschen ihre oblonge, mit abgerundeten Ecken versehene Gestalt verleiht.

Einen vollständig klaren Einblick in die Verhältnisse der beiden Capillarnetze zu einander, sowie über die topographische Lagerung dieser und der Hauptgefässstämme in den einzelnen Netzhautschichten gewinnt man aber erst durch die Betrachtung von Querschnitten (Fig. 8, Taf. II).

Die Gefässe in der Retina des Kalbes verbreiten sich in der Nervenfaser-, Ganglienzellen-, inneren granulirten, inneren Körner- bis zur äusseren granulirten Schicht. Die äussere Körnerlage, die Stäbchen- und Zapfenschicht bleiben vollständig frei.

Die grössten Gefässe finden sich vor Allem in der Nervenfaserschicht nahe dem Margo limitans intern. (Fig. 8 *a*, Taf. II); etwas kleinere, aber immer noch ziemlich stark calibrirte in der Ganglienzellenschicht (Fig. 8 *b*, Taf. II). Ich stehe nicht an, diese letzteren als Venen zu deuten. Denn da die Hauptgefässe, an der Limitans interna liegend, sich von hier aus nach aussen hin in die Netzhaut verbreiten, aber schon in der Nervenfaserschicht ein Capillarnetz bilden, so kann man sich das Vorkommen grösserer Gefässe in der Ganglienzellenschicht nur erklären, wenn man dieselben zu dem rückläufigen Gefässsystem rechnet. Dafür spricht weiter ihre Verbindung erstens mit dem tiefen Capillarnetz, zweitens mit sicher als solchen constatirten Hauptvenen an der Limitans interna.

Die Capillarnetze liegen in der Nervenfaserschicht (Fig. 8 *c*, Taf. II) und zu beiden Seiten und in der inneren Körnerschicht (Fig. 8 *d*, Taf. II). Beide Capillarlagen stehen durch schräg oder fast senkrecht die innere granulirte Schicht durchsetzende Gefässe in Verbindung (Fig. 8 *e*, Taf. II). Andere dieser, die innere granulirte Schicht schneidenden Gefässe verbinden, wie schon erwähnt, nur das äussere Netz mit den grösseren, meist querdurchnittenen Gefässen (Venen) der Ganglienzellenschicht (Fig. 8 *f*, Taf. II). Diese letzteren hinwiederum werden durch ziemlich starke Aeste, welche die Nervenfaserschicht durchschneiden, mit den an der Limitans intern. gelegenen Hauptvenen in directe Beziehung gebracht (Fig. 8 *g*, Taf. II).

Das Capillarnetz der Nervenfaserschicht bildet 3 — 4 Arcaden; das der inneren Körnerschicht nur zwei. Ob auch directe Verbin-

dungen des inneren (oberflächlichen) Systems mit den Venen der Nervenfaserschicht ohne Betheiligung an dem äusseren (tiefer gelegenen) Capillarnetz stattfinden, wie das Hesse für die Ratte und den Menschen beschreibt, wage ich nicht zu entscheiden.

Sichere Belege dafür habe ich in meinen Präparaten nicht gefunden.

Der Blutkreislauf in der Retina des Kalbes ist also folgender:

Von der Papille strahlen nach oben und nach unten, nasal- und temporalwärts, grössere Arterien aus, die sich auf der Retina vielfach verzweigen.

Diese Hauptstämme und ihre primären Aeste liegen in der Nervenfaserschicht dicht an der Limitans interna. Nach, je nach ihrer Stärke, verschieden langem Verlauf und verschieden reichlicher Verästelung gehen sie in arterielle Capillaren über. Diese letzteren bilden in der Nervenfaserschicht ein Capillarnetz von 3—4 Arcaden, das bis dicht an die Ganglienzellenschicht reicht. Dies arterielle Capillarsystem steht durch die innere granulirte Schicht durchsetzende, auf der Flächenansicht schleifenförmig in die Tiefe biegende Capillaren mit dem äusseren, an der inneren Körnerschicht gelegenen, venösen Capillarnetz in Verbindung, welch letzteres sich in 2 Arcaden an beiden Seiten dieser Körnerschicht verzweigt. — Aus diesem hinwiederum sammeln sich einige Stämme, welche bogenförmig umbiegen, um wieder durch die innere granulirte Schicht zur Ganglienzellenschicht zurückzukehren, wo sie sich in grössere Sammelvenen ergiessen. Von hier aus gelangt das venöse Blut durch die Nervenfaserschicht durchsetzende mittelstarke Venen in die Endausläufer der Venen zweiter Ordnung, die gleich den entsprechenden arteriellen Gefässen an der Membrana limitans interna liegen. Diese streben nun, je nach ihrer mehr centralen oder peripheren Lage, entweder direct dem Centrum zu in eine Hauptvene, oder sie wenden sich zunächst nach der Peripherie, gehen in einen Venenbogen über, umkreisen so einen grösseren oder kleineren Theil dieser Peripherie und sammeln sich schliesslich alle in die 3—4 Hauptvenen, um zur Papille zurückzukehren.

Viel Aehnlichkeit mit der Anordnung des retinalen Gefässsystems beim Kalbe hat die beim Schafe.

Auch hier (Fig. 9, Taf. III) finden wir gewöhnlich auf der Papille drei grössere Gefässstämme; nur scheint eine Entwicklung von 3 aus 2 Aesten erst auf der Papille beim Schafe noch häufiger

vorzukommen, als beim Kalbe. Meine Abbildung speciell zeigt für die nach unten verlaufende Vene ein solches Verhalten. — Ueber das Capillarnetz der Papille ist nichts Besonderes zu sagen; die Zahl der kleineren in die Retina ausstrahlenden Aeste ist ebenfalls variabel.

Dagegen fehlt stetig das beim Kalbe typisch vorkommende Rudiment der fötalen Art. hyaloidea.

Da die Eintrittsstelle des Sehnerven noch mehr nach unten vom hinteren Pole sich befindet, wie beim Kalbe, so überragt die Art. und Ven. sup. an Stärke die Art. und Ven. inf. nas. u. temp. noch bedeutender.

Im Gegensatz zum Kalbe ziehen aber die Art. und Ven. sup. nur kurze Zeit nebeneinander her. Dabei geben sie am Ende dieses gemeinschaftlichen Verlaufes, etwa an der Grenze des centralen und mittleren Drittels des Netzhautareals, zwei mit einander ziemlich parallel verlaufende (Art. und Ven. sup. nas. u. temp.) Aeste ab. Von da trennen sich ihre Bahnen mehr von einander, und die Abzweigung von Seitenästen findet in mehr spitzwinkliger Weise statt. Es erhält dadurch das ganze Bild der Gefässverästelungen auf der Retina ein zierlicheres Aussehen.

Die Art. und Ven. inf. nas. u. temp. hingegen zeigen keinen wesentlichen Unterschied von dem beim Kalbe beschriebenen Verhalten.

Der Verlauf von Arterien und Venen am vorderen Rande der Retina ist ebenfalls nahezu derselbe wie beim Kalbe; auch hier ist es wieder die Vena inf. nasalis, welche den längsten Bogen bildet.

Auch die (im Mittel 3—5 μ dicken) Endausläufer der Arterien und Venen (Fig. 10, Taf. III) gehen mehr in spitzen Winkeln von den Stämmen ab und verlaufen nicht parallel mit einander.

An einzelnen Stellen (Fig. 10 *a*, Taf. III) beobachtet man directe Uebergänge von Endarterien in Endvenen, Anastomosen, die Langenbacher für sämmtliche von ihm untersuchten Thiere bestreitet, und die auch ich sicher nur bei dem Schafe nachweisen konnte.

Die Capillarmaschen, viel weiter als beim Kalbe (im grössten Durchmesser circa 120 μ, im kleinsten 55 μ weit), sind entweder mehr weniger dreieckig oder von polygonaler Configuration.

Die Trennung eines oberflächlichen und eines tiefen Capillarsystems, welches ersteres mit den Arterien, letzteres mit den Venen in Verbindung steht, muss auch beim Schafe festgehalten werden. Der Uebergang aus dem einen in das andere geschieht, wie beim Kalbe, durch Verbindungsäste, welche die innere granulirte Schicht durchsetzen. Aus beiden Capillarnetzen treten dann ausserdem enggewundene Schleifen (Fig. 10 *b*, Taf. III) in die höheren, resp. tieferen Schichten der Netzhaut, um sofort wieder schleifenförmig in ihr eigentliches Gebiet zurückzukehren.

Auch die Betrachtung der Gefässe auf Querschnitten bietet keine wesentlichen Unterschiede von den Verhältnissen beim Kalbe. Auch hier sind nur die äussere Körner-, die Stäbchen- und Zapfenschicht gefässfrei. Die querdurchschnittenen grösseren Gefässe (Fig. 11,

Taf. III) der Ganglienzellenschicht, die ich für Sammelvenen halte, sind häufiger durch Queranastomosen verbunden (Fig. 11 *g*, Taf. III), als ich das bei anderen Thieren gefunden habe. In der Nervenfaserschichte bilden die Capillaren (Fig. 11 *c*, Taf. III) höchstens 3 Arcaden. Sonst wüsste ich keine Unterschiede von den beim Kalbe eruirten Befunden zu nennen.

Demgemäss kann ich auch in Bezug auf den Blutkreislauf auf das beim Kalbe Gesagte verweisen.

Beim Schweine entspringen auf der Papille meist vier grössere Arterien und 3—4 grössere Venen nebst einer Reihe kleinerer Aeste. Die Verbindung der letzteren mit den hinteren kurzen Ciliararterien zu einem weitmaschigen papillären Capillarnetz bietet keine Besonderheiten.

Die Hauptgefässe kann man gemäss der bisher angewandten Nomenclatur Art. und Ven. sup. inf. nas. resp. temp. nennen. Dadurch, dass Arterien und Venen, speciell auch die nach oben verlaufenden Gefässe, welche in Folge des ebenfalls nach unten excentrischen Sehnerveneintrittes an Stärke auch beim Schwein sehr über die nach unten verlaufenden hervorragen, in ihrer Hauptbahn wie auch in ihren Verzweigungen fast völlig selbständige Wege einschlagen, verliert das Bild vollständig die beim Kalbe als charakteristisch hervorgehobene Steifheit und ähnelt in dieser Beziehung mehr dem Aussehen der menschlichen injicirten Retina (Fig. 12, Taf. III).

Ueber die weiteren Verästelungen der Arterien und Venen, sowie über die Beziehungen der letzteren zum sogenannten Venenkreis wäre nur zu sagen, dass es auch wieder die Ven. inf. nas. ist, welche den grössten Antheil an demselben hat.

Die Endausläufer der Arterien und Venen (Fig. 13, Taf. III) sind etwas stärker, wie bei den beiden vorher beschriebenen Thieren (sie haben ungefähr die Stärke von 5—7 μ).

Die Auflösung der arteriellen und venösen Endverzweigungen in Capillaren geschieht in der Weise, dass dieselben während eines relativ kurzen Verlaufes sich in immer feinere und feinere Aeste spalten, so dass, obgleich in Wirklichkeit die Verästelung immer eine dichotomische ist, doch die capilläre Auflösung mehr büschelförmig, wie wir es bei den Penicilli der Milz sehen, angeordnet erscheint (Fig. 13 *a*, Taf. III). Das Capillarnetz selber ist ein ziemlich engmaschiges, mehr polygonal configurirtes, und haben die einzelnen Maschen ungefähr eine grösste Breite von 33 μ, eine geringste von 22 μ. Dabei zeichnet sich das Capillarsystem des Schweines dadurch aus, dass arterielle und venöse Partialgebiete von der Fläche gesehen, viel deutlicher von einander geschieden sind, wie bei dem Kalbe und Schafe. Doch soll damit keineswegs gesagt sein, dass die Capillaren alle in einer Ebene verlaufen; vielmehr laufen auch hier die arteriellen vielfach über die venösen Capillaren hinweg, besonders da, wo beide Gebiete sich berühren; aber im Ganzen macht das Bild

vielmehr den Eindruck eines in eine Fläche zusammengedrängten Capillarnetzes.

Die Betrachtung des Querschnittes (Fig. 14, Taf. III) ist wohl geeignet, uns eine Erklärung dieser Eigenthümlichkeit zu geben. — Zwar sind die bei der Circulation in Betracht kommenden Retinalschichten die gleichen wie beim Kalb und Schafe, die Vertheilung der Gefässe in diesen ist aber eine andere. Die grössten Stämme liegen, nahe der Limitans interna, in der Nervenfaserschicht (Fig. 14 *a*, Taf. III).

Das in dieser Schicht befindliche Capillarnetz ist nur wenig ausgebildet (Fig. 14 *b*, Taf. III). Ebenso finden sich im Gegensatz zum Kalbe und Schafe in der Ganglienzellenschicht nur wenig grössere, quergetroffene Gefässlumina; zumeist sind die dort vorfindlichen Gefässchen feine capilläre Aeste (Fig. 14 *c*, Taf. III). Der wichtigste Unterschied ist aber der, dass der Mangel eines reicheren Capillarnetzes in der Nervenfaserschicht durch ein solches in der inneren granulirten Schicht ausgeglichen ist (Fig. 14 *d*, Taf. III), indem die durch diese Schicht aufsteigenden Capillaren Seitenäste abgeben, die sich in zwei Arcaden mit einander verbinden. Das Verhalten des zweiten, resp. – bei Hinzurechnung des allerdings spärlich entwickelten in der Nervenfaserschicht — dritten Capillarnetzes zur inneren Körnerschicht bietet keine wesentlichen Unterschiede. Dagegen finden sich — und das ist wieder charakteristisch — an denjenigen Stellen, wo die grösseren Venen in der Ganglienzellenschicht fehlen, dieselben schon in der inneren Körnerschicht (Fig. 14 *f*, Taf. III). — Es ist also das erste Capillarnetz, wenn man von den spärlichen Gefässmaschen in der Faserschicht absieht, in die innere granulirte verlegt und damit dem zweiten, in der inneren Körnerschicht befindlichen, nicht unbedeutend näher gerückt. So wird es, meine ich, leicht verständlich, dass das ganze Capillarnetz, von der Fläche gesehen, mehr den Eindruck eines einschichtigen macht, als es beim Kalbe und Schafe der Fall ist.

Der Blutkreislauf findet mit dem Unterschiede, dass die meisten Arterien erst in der inneren granulirten Schicht capillär werden, und dass sich die venösen Capillaren häufig schon in der inneren Körnerschicht zu stärkeren Blutleitern sammeln, in derselben Weise statt, wie beim Kalb und Schaf.

Beim Hunde erscheinen auf der Papille drei, oft genug aber auch vier grössere Arterien und ebensoviel grössere Venen; ausserdem eine bald grössere, bald kleinere Anzahl feiner Aeste (Fig. 15, Taf. IV).

Die grösseren Venen vereinigen sich nicht selten auf der Papille zu einem, schon von van Trigt beschriebenen und von Michel neuerdings bestätigten Ringe. Langenbacher hat denselben nicht angetroffen. — Ich muss auch zugeben, dass er oft genug fehlt (vergl. u. a. die makroskopische Abbildung, wo sich indess feine

Verbindungsbögen zwischen den kleineren Venen finden [Fig. 15 *a*, Taf. IV]).

Wo er vorhanden ist (Fig. 16 *a*, Taf. IV), verbindet er stets alle grösseren Venen bei ihrem Austritt aus der Substanz des Sehnerven, ist aber meist nicht ganz geschlossen, sondern hat nach unten aussen eine Lücke, welche auf meiner Abbildung durch eine feine Capillare etwas verdeckt ist (Fig. 16 *b*, Taf. IV). Ausserdem findet sich auf dem Sehnerveneintritt noch ein weitmaschiges Capillarnetz, das keine Besonderheiten bietet.

Der Verlauf und die Verzweigungen der grösseren Gefässe (Art. und Ven. sup. infer. nas. u. temp.) sind von den bisher beschriebenen kaum unterschieden: Arterien und Venen gehen eine Strecke lang gemeinsam nebeneinander, um sich dann in ihren Bahnen mehr von einander zu trennen.

Die Abbildung von einem Theilstücke eines peripheren Venenbogens, welche dem Hunde entnommen ist, kann zugleich als Schema für alle die Thiere dienen, die eine derartige Anordnung der Gefässe an der Ora serrata zeigen (Fig. 17, Taf. IV). Nur nehmen im Gegensatz zum Kalb, Schaf und Schweine, bei denen die Ven. inf. nas. am stärksten bei der Bogenbildung betheiligt ist, beim Hunde so ziemlich alle Venen in gleicher Weise daran Theil.

Auch der Uebergang der Arterien und Venen in Capillaren und das Capillarmaschenwerk selbst (Fig. 18, Taf. IV) zeichnen sich von den vorher geschilderten nicht sonderlich aus. Die Endgefässe haben im Mittel einen Dickendurchmesser von 10 μ. Das Capillarnetz ähnelt noch am meisten dem des Kalbes; nur tritt die oblonge Gestalt der in ihrer grössten Breite circa 110 μ, in ihrer geringsten circa 44 μ messenden Maschen noch deutlicher hervor. Sie sind also nicht ganz so eng, wie die des Kalbes. Sehr prägnant ist auch hier wieder die Doppelschichtung der Capillaren, deren oberflächliches Netz mit den Arterien communicirt, während die tiefere Lage mit den Venen in Verbindung steht. Die Uebergänge geschehen ebenfalls durch bogenförmige Umbiegungen; jedoch liegen die einzelnen Schenkel dieser Bogen nicht so dicht an einander, der ganze Bogen wird dadurch ein weiterer.

Auf dem Querschnitt (Fig. 19, Taf. IV) erkennt man als hauptsächlichstes Merkmal, dass die letzten Ausläufer der Gefässe in der äusseren granulirten Schicht, nicht wie bei allen bisher abgehandelten Thierindividuen, an der äusseren Grenze der inneren Körnerschichte flache Bogen bilden und umbiegen, sondern durch die äussere granulirte Schicht bis an den inneren Rand der äusseren Körnerschicht herantreten (Fig. 19 *g*, Taf. IV). Sie liegen somit der Stäbchen- und Zapfenschicht näher, als bei allen Thieren, die ich in dieser Studie bespreche. Die übrigen Verhältnisse sind dieselben, wie beim Schaf und Kalbe.

Eine so genaue Uebereinstimmung, auch nur des gröberen Gefässverlaufes in der Retina der Katze mit dem des Hundes, wie sie Langenbacher angibt, muss ich bestreiten.

Zwar finden sich auch hier auf der Papille 8 grössere Gefässe, 4 Arterien und 4 Venen, die wir nach der uns geläufigen Nomenclatur bezeichnen können. Niemals aber habe ich auf der Papille der Katze einen Venenbogen gesehen; vielmehr verbinden sich die Gefässe, sowohl Arterien wie Venen, auf der Papille nur durch Capillaren. — Nachdem jüngst Ganser in dem temporalen horizontalen Abschnitt der Retina der Katze eine in histologischer Hinsicht der Macula lutea des Menschen analoge Partie gefunden, welche er demzufolge als centrale Sehstelle anspricht, erscheint es der Mittheilung werth, dass auch das Verhalten der Gefässe für die höhere physiologische Dignität dieser Stelle spricht. — Es ziehen nämlich 3 kleinere Arterien und ebenso viele Venen horizontal nach aussen von der Papille zu einer sonst ziemlich gefässlosen Stelle (Fig. 20 *a*, Taf. V). — Ein Vergleich mit den menschlichen Macula-gefässen liegt nahe.

Der Verlauf der Hauptgefässe in der Netzhaut ist der gewöhnliche. Im Gegensatz zum Hunde sind aber die Verzweigungen in der Retina viel reichlichere, die ganze Netzhaut ist weit blutreicher. Merkwürdig ist die starke Schlängelung der Arterien, die in manchen Fällen eine fast spiralige Form annimmt (Fig. 20 *b*, Taf. V). Die Verhältnisse des „Circulus venos. ant." sind die bekannten. Ich habe zur bildlichen Darstellung des Capillargebietes der Katze (Fig. 21, Taf. V) eine Randpartie gewählt. Man wird hier bestätigt finden, dass, wie ich es schon beim Kalbe bemerkte, nicht immer das am meisten excentrisch liegende grössere Gefäss eine Vene ist, sondern manchmal eine Arterie noch peripherer verläuft (Fig. 21 *a*, Taf. V).

Bedeutendere Unterschiede zwischen Katze und Hund zeigen sich im Capillarnetz (Fig. 21 *b*, Taf. V). — Die Endgefässe sind entweder gleich stark oder etwas stärker calibrirt, als beim Hunde (im Mittel 11 μ). Aber während beim Hunde die Unterscheidung zwischen arteriellen und venösen Capillaren mit grossen Schwierigkeiten verknüpft war, indem beide Capillarbezirke sich einander beinahe vollkommen decken, springt bei der Katze dieser Unterschied sehr klar in die Augen. Es erinnert dadurch das Bild des Capillarnetzes der Katze sehr an das des Schweines, indem auch hier die beiden Capillargebiete schärfer von einander getrennt sind. Doch muss auch hier wieder darauf hingewiesen werden, dass doch nicht alle Gefässcapillaren in einer Ebene liegen, sondern es findet auch an vielen Stellen, besonders an den Uebergängen des venösen in das arterielle Partialgebiet eine Ueberlagerung derselben in der Art statt, dass sie einander decken. Die Auflösung der Endgefässe in ihre resp. Capillaren gibt hingegen wieder ein anderes Bild, als wie beim Schwein.

Während dort die Verästelung der Arterien und Venen in ihre Capillaren mehr pinselförmig vor sich geht, ist hier das Endgefäss mit seinen Capillaren mehr vergleichbar dem Bilde eines Federkiels, mit daran sitzendem Federbarte. Doch muss man bei dieser Parallele im Auge behalten, dass die einzelnen Fasern dieses Bartes

nicht unmittelbar aneinander sitzen, wie bei den meisten Vögeln, sondern Lücken zwischen sich lassen, ungefähr so wie bei den Schwanzfedern des Strausses.

Die Capillarmaschen sind eng, polygonal, von circa 40 μ geringster und 90 μ grösster Breite. Das Studium von Querschnitten (Fig. 22, Taf. V) erleichtert auch hier wieder die Erklärung des Flächenbildes.

Im Allgemeinen ist die topographische Lagerung der Gefässe in den einzelnen Netzhautschichten dieselbe, wie beim Kalbe, Schafe und Hunde.

Während indess bei allen vorher besprochenen Thieren die Hauptgefässe in den inneren Partien der Faserschicht nicht weit entfernt von der Limitans interna liegen, finden sie sich bei der Katze, zum grössten Theil in den äussersten Theilen dieser Netzhautschicht, dicht an der Ganglienzellenlage (Fig. 22 *a*, Taf. V).

Dadurch wird nun auch erstens das Capillarnetz der Faserschicht (Fig. 22 *c*, Taf. V) ein geringeres; zweitens ist es ebenso, wie die Hauptgefässe, den Capillaren der inneren Körnerschicht näher gerückt. In Folge dessen endlich macht auch das Bild der Capillarverzweigungen, von der Höhe gesehen, mehr den Eindruck der Ausbreitung in einer Ebene.

Die übrigen Verhältnisse, somit auch der Blutkreislauf, gleichen den schon beschriebenen.

Das Gefässnetz der Rattenretina, über welches Hesse sehr genaue Auskunft und Abbildungen gibt, stimmt mit dem des erst beschriebenen Nagers nicht im Geringsten überein, sondern nähert sich in seinem Verhalten dem der Wiederkäuer und der Fleischfresser.

Auf der Mitte der Papillaroberfläche sprossen aus einer gemeinschaftlichen Wurzel (Art. und Ven. centr. retin.) die retinalen Hauptstämme, je fünf Arterien und fünf Venen, heraus.

Eine geringe Anzahl kleinerer Aeste bildet mit Aesten der grossen Gefässe zusammen auf der Papille ein weitmaschiges, nicht besonders charakteristisches Capillarnetz. — Die Hauptgefässe strahlen in die Retina nach allen Seiten aus, eine Arterie und Vene direct nach oben (Art. und Ven. sup.), je eine Arterie und Vene nach innen und aussen (Art. und Ven. nas. und temp.), ebenso vier andere Gefässe nach unten aussen und nach unten innen (Art. und Ven. inf. nas. und temp.). Sie sind, wie auch Hesse hervorhebt, ausgezeichnet durch ihren gestreckten Verlauf und die geringe Anzahl von grösseren Aesten, die sie abgeben.

Die Venen biegen auch hier in der Ora serrata in weitem Bogen um, so dass es ebenfalls zur Bildung eines „Circulus venos. retin. anterior“ kommt, der aber noch unvollständiger ist, als bei den übrigen damit versehenen Thieren (Schaf, Kalb, Schwein, Katze, Hund).

Der Uebergang der circa 3 μ dicken Endäste in die Capillaren geschieht genau so, wie beim Kalb, Schaf und Hund. Das Capillarschlingennetz ist ein ziemlich weitmaschiges (geringste Breite 38 μ, grösste 55 μ) und polygonales. Die Maschenwinkel sind nicht so abgerundet, wie beim Kalb und Schaf. Bei keinem Thiere — darin muss ich Hesse beipflichten — sieht man die Uebereinanderlagerung der beiden Capillarnetze und die Beziehung des oberen zu den Arterien, des tieferen zu den Venen so deutlich, wie bei der Ratte. Beide Capillarsysteme hängen aber hier nicht sowohl durch bogenförmig in die Tiefe steigende, als durch mehr senkrecht auf die Fläche der Retina verlaufende Verbindungsäste zusammen; in Folge dessen sehen auch die Capillarmaschen mehr eckig aus.

Die Vertheilung der Gefässe in den einzelnen Schichten der Netzhaut gleicht völlig der bei Schaf und Kalb besprochenen.

Die Hauptäste (Fig. 23 *a*, Taf. V) liegen an der Limitans interna. Capillarnetze finden sich in der Nervenfaserschicht und zu beiden Seiten der inneren Körnerschicht (Fig. 23 *c* u. *d*, Taf. V). Durch die innere granulirte Schicht verlaufen seitlich nicht verzweigte Verbindungsäste zwischen den beiden Capillarnetzen (Fig. 23 *e*, Taf. V); in der Ganglienzellenschicht finden sich wieder grössere querdurchschnittene Gefässe (Fig. 23 *b*, Taf. V). Als einzige Eigenthümlichkeit wäre vielleicht hervorzuheben, dass die Gefässe an beiden Seiten der inneren Körnerschicht (Fig. 23 *d*, Taf. V) dicker calibrirt sind, als ich das bei den anderen Thieren gefunden habe.

Hesse erwähnt für die Ratte noch mit besonderem Nachdruck, dass an vielen Stellen sich das äussere (venöse) Capillarmaschenwerk schon in der inneren Körnerschicht zu grösseren Venen sammele: es würde dadurch sich das Verhalten der Gefässe in dieser Beziehung dem beim Schweine beschriebenen nähern.

Nach meinen Präparaten aber verbindet sich das äussere Capillarsystem fast nur mit den grösseren Gefässen der Ganglienzellenschicht, ebenso wie beim Kalb, Schaf, Katze und Hund und, wie wir sehen werden, auch beim Menschen: ich kann zwar deshalb nicht behaupten, dass die von Hesse beschriebene Gefässordnung überhaupt nicht vorkommt, glaube aber nicht, dass hierin ein besonderer Gegensatz zwischen Ratte und Mensch besteht, wie ihn jener Autor urgirt.

Der Blutkreislauf ist ganz derselbe, wie beim Kalb, Schaf, Hund und Katze.

Auch das Meerschweinchen stimmt nicht im Mindesten mit dem bei den schon beschriebenen Nagern überein.

Leber erwähnt, dass die Retina des Meerschweinchens vollkommen gefässlos sei und sich nur auf der Papille einige, hier aber gleich wieder umbiegende Gefässschlingen befinden. Langenbacher hebt dem gegenüber aber ganz richtig hervor, dass dieselben doch

in die Retina übertreten. Die von mir angefertigten Präparate zeigten ebenfalls ein solches Verhalten: in der Mitte der Papille findet sich eine capillare Schleife, auf beiden Seiten erstrecken sich solche circa 0,13 Mm. in die Retina hinein. Die Gefässschlingen selbst werden von Capillaren gebildet, welche sehr fein (3 μ breit) und sehr eng gewunden (circa 5,5 μ) breit sind.

Ueber die Gefässverhältnisse der Retina des Menschen ausführlicher zu handeln, erscheint mir nach den eingehenden Untersuchungen von Hesse und His, sowie nach der kurzen, aber die Hauptsachen schon scharf charakterisirenden Darstellung von W. Krause nicht nothwendig.

Die Gefässvertheilung in der menschlichen Retina gleicht fast ganz der beim Schaf beschriebenen, mit dem einzigen Unterschiede, dass hier die Hauptgefässe näher an die Ganglienzellenschicht gerückt sind.

Die Hauptresultate der obigen Untersuchungen sind in gedrängter Uebersicht folgende:

1. Retinalgefässe finden sich bei allen von mir untersuchten Thieren; am reichlichsten *ist die Gefässverbreitung beim Menschen, bei den Fleischfressern (Hund und Katze), bei den Wiederkäuern (Kalb und Schaf), dann auch beim Schwein, von den Nagern bei der Ratte; relativ* kleine *Theile der Netzhaut sind mit Gefässen versorgt beim Pferd und Kaninchen, während das Gefässsystem beim Meerschweinchen auf ein paar minimale Capillaren zusammenschrumpft.*

2. Bei allen Thieren finden wir eine Gefässverzweigung nach allen Seiten der Retina; jedoch sind beim Kaninchen die nach unten und oben verlaufenden Aeste im Vergleich zu den temporal- und nasalwärts ziehenden Hauptgefässen sehr schwach entwickelt.

3. Bei den Wiederkäuern, sowie beim Schwein ragen wegen der tiefen Insertion des Sehnerven an dem Bulbus die nach oben ziehenden Hauptäste an Grösse bedeutender über die nach unten verlaufenden hervor, als bei Hund und Katze. Bei der Ratte sind alle zehn Gefässe ziemlich gleich stark; ebenso die Hauptverzweigungen beim Pferd und Kaninchen.

4. Wo die Enden der Gefässe die Ora serrata erreichen, also bei allen von mir untersuchten Thieren (exclus. Pferd, Kaninchen und Meerschweinchen), bilden die Venen Bögen.

Eine Anastomosenbildung zwischen den einzelnen Venenausläufern (oder ein sog. Circulus venos. anter.) findet sich nie, *viel-*

mehr sind zwischen allen mehr weniger grosse Lücken vorhanden. — In seltenen Fällen ist eine Arterie das am meisten peripher gelegene Gefäss.

5. Auf der Papille finden wir (mit Ausnahme des Meerschweins) ein meist in zwei Schichten liegendes Capillarnetz: bei Kalb, Schaf, Schwein, Katze, Ratte bietet dasselbe keine Besonderheiten; beim Hund ist es oft durch den Venenbogen ausgezeichnet. Wegen der Verhältnisse des Pferdes und Kaninchens muss ich auf das früher Gesagte (S. 3 u. 7) verweisen.

6. Directe Anastomosen zwischen Endarterien und Endvenen habe ich nur beim Schafe gesehen.

7. Ein Uebergang von Arterien in Venen nur durch Capillaren findet sich beim Kalb, Schaf (mit der unter 6. gedachten Ausnahme), Schwein, Hund, Katze, Ratte und Mensch. Beim Kalb, Schaf, Hund, Ratte und Mensch liegen dabei arterielle und venöse Capillargebiete direct übereinander; beim Schwein und Katze sind, trotzdem eine solche Uebereinanderlagerung auch stattfindet, doch venöse und arterielle Capillarsysteme deutlicher von einander getrennt.

Die Capillarnetze sind am engsten beim Kalb, dem folgen hintereinander: Hund, Schwein, Katze, Mensch, Ratte, Schaf. — Beim Pferd und beim Meerschweinchen geschieht der Uebergang von Arterien und Venen nur durch Schlingen, beim Kaninchen theils durch Schlingen, theils durch Capillaren.

8. Die Vertheilung der Gefässe in den einzelnen Netzhautschichten bietet grosse Verschiedenheiten. Bei Pferd, Kaninchen und Meerschweinchen finden sich dieselben nur in der Nervenfaserschicht. Bei den übrigen Thieren lassen sie nur die äussere Körner-, die Stäbchen- und Zapfenschicht frei. — Beim Menschen, Schaf, Kalb, Schwein, Katze und Ratte biegen sie am äusseren Rande der inneren Körnerschicht um, beim Hunde gehen sie bis an den inneren Rand der äusseren Körnerschicht. — Capillarnetze finden sich beim Kalb, Schaf, Hund, Katze und Ratte in der Nervenfaserschicht und auf beiden Seiten der inneren Körnerschicht, nur beim Schwein noch in der inneren granulirten Schicht. — Die grössten Gefässe liegen bei fast allen Thieren dicht an deren Margo limitans intern. Beim Menschen dagegen dicht an, bei der Katze fast in der Ganglienzellenlage. In der letzteren Schicht verbreiten sich bei fast allen Thieren Gefässe zweiter Grösse, die auf der einen Seite mit dem äusseren Capillarnetz der inneren Könerschicht, auf der anderen mit den Hauptvenen

an der Limitans interna zusammenhängen. Sie sind als Venen aufzufassen. — Wo sie in der Ganglienzellenschicht fehlen, wie an manchen Stellen beim Schwein, finden sie sich schon in der inneren Körnerschicht.

9. Die Reichhaltigkeit der Gefässvertheilung im Ganzen, wie in den einzelnen Schichten, nimmt auch bei denjenigen Thieren, deren gesammte Netzhaut vascularisirt ist, von dem Centrum nach der Peripherie derselben proportional der Abnahme des Dickendurchmessers der Membran stetig ab.

Es liegt nahe, an die anatomischen Daten noch einige physiologische Betrachtungen über die Ernährung der Retina zu reihen.

Die lange bekannte Thatsache der Gefässlosigkeit der Stäbchen- und Zapfenschicht ist schon von H. Müller auf ihre Gründe zurückgeführt. Er ist der Ansicht — und auch meine Präparate bestätigen das vollkommen —, dass die Regelmässigkeit in der Anordnung der Structurelemente in den gefässhaltigen Schichten der Retina durch grössere oder geringere Füllung dieser Blutleiter bedenklichen Schwankungen ausgesetzt ist, Schwankungen, die, wenn sie auch in der Stäbchen- und Zapfenschicht vorkämen, eine scharfe Projection der Bilder auf dieser percipirenden Schicht unmöglich machen würden. Man muss dabei allerdings bedenken, dass eine solche Füllung der Gefässe, wie sie durch den Injectionsdruck erreicht wird, im Leben ein entschieden krankhafter Zustand sein würde; aber auch nach Abzug dieses künstlichen Plus bleibt noch genug übrig, dass daraus ein nachtheiliger Einfluss für Stäbchen und Zapfen in gedachter Beziehung resultiren würde.

Weiter ist leicht einzusehen, dass auch die vollkommene Gefässlosigkeit der äusseren Körnerschicht ihren guten Grund hat; wir wissen ja, dass die Stäbchen und Zapfen mit den Stäbchenkörnern und Zapfenkörnern dieser Schicht in directer Verbindung stehen. Moleculare Erschütterungen in der regelmässigen Architektonik dieser Elementarbestandtheile würden also zugleich eine Störung in dem Mosaik der Stäbchen- und Zapfenschicht hervorrufen. Man wird also zu der Annahme gedrängt, dass für die äussersten Schichten der Retina aus höheren physiologischen Rücksichten eine andere Art der Ernährung eintreten muss.

(Eine gewisse Analogie bietet in der Hinsicht die Hornhaut,

welche auch zu Gunsten ihrer Duchsichtigkeit auf Gefässe hat verzichten müssen.)

Hier sind nun sehr belangreich die nachstehend formulirten Sätze, welche Schneller[1]) aus einer grossen Summe von Erfahrungen aus der Pathologie in Bezug auf die Ernährung der gefässlosen Retinalschichten gefolgert hat:

1. Das Pigmentepithel der Retina wird nur von der Choriocapillaris ernährt.

2. Die Stäbchen und Zapfen werden zum grössten Theil von der Choriocapillaris, zum kleinsten von den retinalen Gefässen ernährt.

3. Ebenso, jedoch schon mit stärkerem Hinüberneigen zu den Retinalgefässen, verhält sich auch die Ernährung der äusseren Körnerschicht.

4. Die übrigen Schichten der Retina werden nur von den retinalen Gefässen ernährt.

Wir hätten also für die äussersten Schichten der Retina eine Ernährung durch Osmose, beziehungsweise es träte in diesen Schichten der Gefässcomplex der Choriocapillaris vicariirend für die Retinalgefässe ein.

Der Uebertragung dieser für den Menschen gewonnenen Anschauung auf die von mir im Vorstehenden besprochenen Repräsentanten der Thierwelt steht, trotz des Mangels jeglicher Schwierigkeit derselben für die meisten Thiere, doch scheinbar das Factum entgegen, dass es Thiere gibt, bei denen eine retinale Gefässverzweigung einerseits nur in der Nervenfaserschicht, anderseits nur über ein kleines Territorium der Netzhaut stattfindet, wie beim Pferd, Kaninchen und Meerschweinchen. Aber gerade sie liefern meines Erachtens für die Zulässigkeit der Schneller'schen Thesen, speciell in Bezug auf die Theilnahme der Choriocapillaris an der Ernährung der Netzhaut, wenn auch in etwas modificirter Form, den besten Beweis.

Sowohl beim Pferde als beim Kaninchen und Meerschweinchen ist die Choriocapillaris überaus mächtig entwickelt und gerade vorzugsweise in den Partien, in denen die Netzhaut der Gefässe entbehrt. Dazu kommt, dass sowohl in den mit Blutgefässen versehenen, als auch noch viel mehr in den gefässlosen Abschnitten der Netzhaut dieser Thiere die als in ihrer Ernährung allein von der Choriocapillaris abhängig anzusprechenden

1) Graefe's Arch. Band 26. I, 1 u. folg.

Schichten (und dies wären sämmtliche, mit Ausnahme der Nervenfaserschicht, in den gefässhaltigen Theilen), auf ein im Vergleich zu der Nervenfaserschicht in dem centralen Theile der Netzhaut relativ, als auch sonst absolut viel kleineres Terrain zusammengedrängt sind, d. h. in ihrem Total-Dickendurchmesser bedeutender zurücktreten, als wir das für die entsprechenden Schichten der Retina beim Menschen, Kalbe etc. constatiren können: ein Befund, der die Annahme ihrer Ernährung durch Osmose von der Chorioidea aus natürlich nur stützen kann.

Des Weiteren darf beim Pferde und Kaninchen nicht ausser Acht gelassen werden, dass auch die Nervenfaserschicht, die in den der Papille naheliegenden gefässhaltigen Partien eine derartige Dickendimension annimmt, dass die übrigen Retinalschichten ihr gegenüber fast nebensächlich erscheinen („und deshalb braucht sie dort eben eigene Blutgefässe"), in den an der Circulation nicht betheiligten Zonen sich auffällig verschmälert hat und schliesslich sogar zu einem feinen lineären Streifen reducirt ist, dessen Miternährung der Choriocapillaris nicht zu schwer fallen dürfte.

Es existirt demnach kein plausibler Grund, der Annahme entgegenzutreten, dass bei Pferd, Kaninchen und Meerschweinchen in den gefässhaltigen Partien die Ernährung der Netzhaut zur Hälfte von den Retinalgefässen, zur Hälfte von der Choriocapillaris, in den gefässlosen dagegen von letzterer allein besorgt wird.

Auch den immer noch möglichen Einwand, dass in Consequenz dieser Behauptung die Choriocapillaris beim Pferde, Kaninchen und Meerschweinchen im Vergleich zu den Thieren, welche ein über die ganze Retina verbreitetes Gefässnetz haben, unverhältnissmässig viel stärker entwickelt sein müsste, was doch thatsächlich zum Theil nicht der Fall ist, kann ich nicht gelten lassen. Denn wenn auch z. B. vor Allem die Katze und auch der Hund bei stark ausgebildetem Netzhautgefässsystem ein ebenso starkes Choriocapillarsystem besitzen, wie Pferd und Kaninchen, so ist doch nicht zu vergessen, dass einmal in Folge des starken Tapetum cellulosum bei diesen Thieren das von den grösseren Gefässen der Chorioidea der Choriocapillaris zugeführte Ernährungsmaterial zum grössten Theil von der Chorioidea selbst verbraucht wird und somit der Retina weniger zu gute kommt. — Es müssen also bei der Erörterung dieser Frage auch die histiologischen Verhältnisse der Aderhaut mit gewürdigt werden.

Weiterhin kommt, in vielleicht noch höherem Maasse, als das eben angeführte Moment, der physiologische Grundsatz zur Geltung, dass die grössere oder geringere Ernährung eines Organes bestimmt wird durch seine physiologische Thätigkeit, id est, durch seinen Stoffwechsel. Da unterliegt es nun keinem Zweifel, dass die Katzen- und Hunderetina beispielsweise functionell viel höheren Ansprüchen gerecht werden muss, als die des Meerschweinchens, Kaninchens oder auch des Pferdes.

Indess darf in Bezug auf das letztere Problem doch nicht verschwiegen werden, dass, wenngleich bei den meisten Thieren die anatomischen Verhältnisse uns die teleologische Erklärung nicht zu sehr erschweren, wir hingegen bei anderen Thierindividuen auf einige, vor der Hand uns unerklärliche Facta stossen. So lässt sich für Kaninchen und Meerschweinchen ein geringer Stoffwechsel der Retina präjudiciren: ihre Gefässverhältnisse stimmen denn auch damit. — Ebenso kann man sich die starke Gefässhaltigkeit der Rattenretina leicht erklären. — Dagegen begreift man nicht recht, warum Kalb, Schaf und Schwein, die doch die Thätigkeit ihrer Retina bezüglich der Percipirung der Gegenstände der Aussenwelt eher weniger als das Pferd in Anspruch nehmen, gleich wohl sich einer so viel besseren Ernährung dieser Membran erfreuen.

Schliesslich erlaube ich mir noch meinen wärmsten Dank auszusprechen den Herren Proff. v. Hecker, Küpffer, Rüdinger, die mich in liberalster Weise durch Zuwendung von Untersuchungsmaterial unterstützten. — Ebenso fühle ich mich auch zu grösstem Danke verpflichtet Herrn Prof. Dr. v. Rothmund, der mir bereitwilligst das Laboratorium der kgl. Augenklinik zur Verfügung stellte, sowie auch Herrn Docent Dr. Eversbusch, auf dessen Veranlassung und mit dessen Unterstützung ich vorstehende Arbeit ausführte.